בס"ד

מנגנון אלקטרוני לפתיחת כספת

אורי וולברשטיין

עקיבא בדולח

שם מנחים : מר יהודה אזולאי
מר יאיר חיון

תקציר:

הפרויקט עוסק בתכנון ובנייה של מערכת אלקטרונית לפתיחה מבוקרת של כספת, תוך שימוש בלעדי ברכיבים לוגיים ספרתיים, וללא מיקרו-בקר או מערכות מתוכנתות.
המערכת כוללת מקלדת להזנת קוד, דלגלגי D, רכיבי חד-יציב, טיימר 555, אוגרי הזזה, מונה בינארי, תצוגת 7-סיגמנט, נורות חיווי, צפצפה אלקטרונית ומנעול חשמלי.

המערכת בנויה ממספר יחידות עצמאיות, שכל אחת מתמחה בתפקיד חיוני: איסוף והזנת הקוד, אימות הסדרה שהוזנה, הפעלת מנעול הכספת, ניהול ספירת זמן מוגבלת לפתיחה, בדיקת טעויות בהזנת הקוד, מנגנון זיהוי ומניעת ניסיונות פריצה מרובים, וחיווי של כלל האפשרויות.
בנוסף המערכת כוללת בקרה פנימית בין כלל היחידות על מנת לוודא פעולה תקינה של כלל המערכת וביצוע הדרישות ללא טעויות.

כל תת-מערכת תוכננה, נבנתה ונבדקה בנפרד, והן פועלות בשילוב הרמוני ליצירת מערכת שלמה ואמינה, התומכת בפעולה בטוחה ויעילה של כספת מודרנית.

הפרויקט סיפק התנסות משמעותית בתכנון ובמימוש מערכות דיגיטליות, תוך חיבור בין קלט ממשי, עיבוד לוגי, ותגובה פיזית – כהכנה יישומית לפרויקט הגמר.

הכרת תודה:

ברצוננו להודות לכל מי שליווה אותנו בתהליך מימוש הפרויקט, ובכלל לאורך כל התואר.

תודה למר יהודה אזולאי ולמר יאיר חיון שליווי אותנו כל שבוע עד להשגת התוצר המוגמר.
על אינספור שאלות, התייעצויות, הארות והערות שהפכו את הפרויקט להיות מה שהוא.

תודה לכל המרצים לאורך כל השנים, שנתנו להם מהידע והניסיון שלהם, והפכו אותנו להיות ברמת ידע ומקצועיות כאלו.

תודה למשפחות שלנו, שנתנו לנו את הכוח להשקיע ולהתמיד בלימודים האינטנסיביים.

תודה למחלקה להנדסת חשמל ואלקטרוניקה באוניברסיטת אריאל כל הכלים והמעטפת שהיא נותנת לנו על מנת להפוך להיות מהנדסים מהשורה הראשונה.

תוכן עניינים

1. מבוא 7
2. רקע תאורטי 7
דלגלג :D 7
מונה בינארי: 8
אוגר הזזה: 10
חד יציב: 11
קודן המערכת: 11
Seven Segment Display: 12
מתאם :BCD-TO-SEVEN-SEGMENT 12
טיימר 555: 12
שער לוגי :OR 13
שער לוגי :NOT 14
צפצפה: 14
טרנזיסטור :MOSFET 15
נורת :LED 15
נגד: 15
קבל: 16
3. רשימת ציוד 17
4. מטרת הפרויקט 17
5. דרישות המערכת 17
6. סכמה כללית של המערכת 18
6.1 תכנון המערכת 18
6.2 מימוש המערכת 18
7. מערכת 1 – לחצני המערכת 19
7.1 תכנון המערכת 19
7.2 מימוש המערכת 19
7.2 בדיקות ותוצאות 19
7.4 בעיות תקלות ופתרונות 20
7.4.2 תקלה א: 20
7.4.2.1 פתרון א : 20

7.5 מסקנות.....20
8. מערכת 2 – קוד נכון.....21
8.1 תכנון המערכת.....21
8.2 מימוש המערכת.....21
8.3 בדיקות ותוצאות.....22
8.4 בעיות תקלות ופתרונות.....22
8.4.1 תקלה א:.....22
8.4.2.1 פתרון א :.....22
8.4.2 תקלה ב:.....22
8.4.2.1 פתרון ב :.....22
8.5 מסקנות.....22
9. מערכת 3 – פעולת קוד נכון.....23
9.1 תכנון המערכת.....23
9.2 מימוש המערכת.....23
9.3 בדיקות ותוצאות.....24
9.4 בעיות תקלות ופתרונות.....24
9.4.1.1 בעיה :.....24
10. מערכת 4 – קוד שגוי ולחיצה 3 פעמים קוד שגוי.....25
10.1 תכנון המערכת.....25
10.2 מימוש.....25
10.2 המערכת.....25
10.3 בדיקות ותוצאות.....26
10.4 בעיות תקלות ופתרונות.....26
10.4.2 תקלה א:.....26
10.4.2.1 פתרון א :.....26
10.4.3 תקלה ב:.....26
10.4.3.1 פתרון ב :.....26
10.4.4 תקלה ג:.....26
10.4.4.1 פתרון ג :.....26
10.5 מסקנות.....26
11. מערכת 5 – איפוסי המערכות.....27
11.1 תכנון המערכת.....27
11.2 מימוש המערכת.....27
11.3 בדיקות ותוצאות.....28
11.4 מסקנות.....28
12. סיכום כללי.....28
13. תובנות לשיפור.....28

14. PCB 28
15. נספחים 29
16. רשימות 30
16.1 רשימת איורים 30
16.2 רשימת טבלאות 30
13.4 מקורות 30

1. מבוא

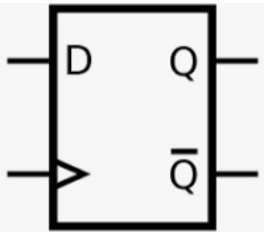
עקב צורך רחב של שמירת חפצים רבי ערך נוצר צורך בפיתרון פשוט ויעיל שיעזור בשמירה על חפצים אלו.

הפיתרון הפשוט והיעיל הוא כספות, בעולם קיימים מגוון רחב של כספות (כספת מכנית, ביומטרית וכו'), בנוסף קיימת גם כספת שבנויה על מנגנון אלקטרוני.

כספת זאת ובנייתה היא מרכז הפרוייקט, כאשר יוסבר בהרחבה איך כל שלב ושלב בבניית המערכת יוצר מערכת מושלמת.
כספת זאת בנויה מ4 מערכות נפרדות שכל מערכת אחראית על חלק אחד בכספת כאשר לבסוף כל המערכות משלימות אחת את השניה ויוצרות סינכרון שגורם לפעילות תקינה וטובה של הכספת

2. רקע תאורטי

דלגלג D:
דלגלג (FLIP-FLOP) מסוג D (קיצור ל־Data או ל־Delay) הוא בעל כניסה אחת שמועברת למוצא בשפה הדוגמת של השעון, ללא תלות במוצא הנוכחי [איור 1].



איור 1 – דלגלג D סכימה חשמלית

אם D=1 בשפה הדוגמת של השעון המוצא יהיה 1, ואם D=0 בשפה הדוגמת של השעון המוצא יהיה 0 [טבלה 1].

אחד השימושים של הדלגלג הוא בתור רכיב זיכרון של סיבית.

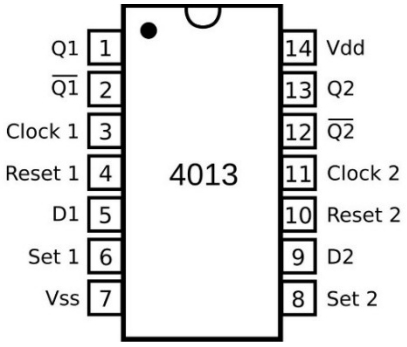
D	CLK	Q	~Q
0	1	0	1
1	1	1	0
X	0	Q_0	$\sim Q_0$

טבלה 1 – טבלת אמת דלגלג D

רכיב 4013 בנוי משני דלגלגי D [איור 2].

כניסות: D, CLOCK, SET, RESET.

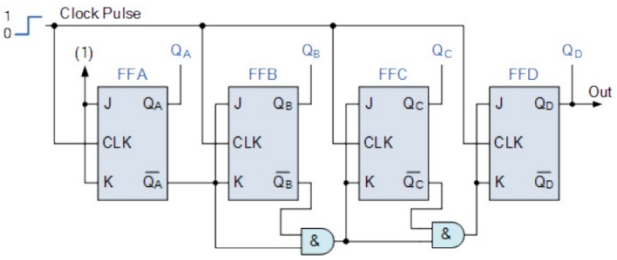
מוצאים: Q, 'Q.



איור 2 – רכיב 4013 וחיבוריו

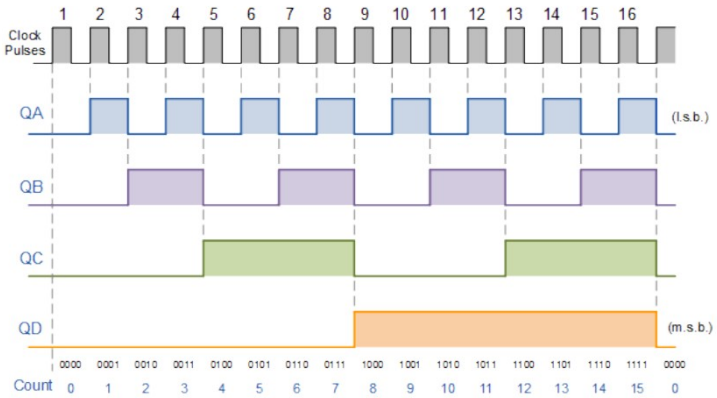
מונה בינארי:

מונה בינארי MC14516B הוא מונה בינארי שבנוי מ4 דלגלגים משורשרים עם שער AND ביניהם [איור 3], כאשר במוצא של הדלגלג יש Q ששומר את המצב האחרון.
המונה הוא סינכרוני, כלומר כל הדלגלגים משתנים על פי שעון יחיד שמשותף לכולם.
יש כניסה של שעון - אות ריבועי בתדר מסוים.



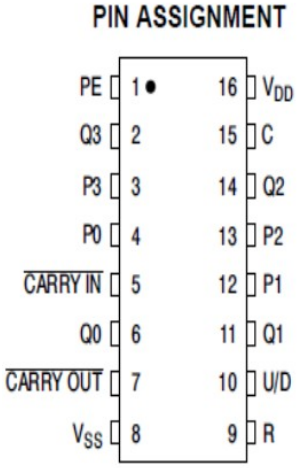
איור 3 – סכימת מונה בינארי

מתחי המוצא משתנים באופן הצגת הספרות הבינאריות [איור 4].



איור 4 – שרטוט מתחי המוצא

רכיב 4516 הינו מונה בינארי בעל 4 מוצאים [איור 5].



איור 5 – תרשים הרכיב והרגליים

מספר חיבור	שם	תפקיד
1	PE	מאפשר להתחיל את הספירה ממספר שונה מ0000 או 1111
2	Q3	מוצא
3	P3	הזנת ספרה בשביל פונקציית הPE
4	P0	הזנת ספרה בשביל פונקציית הPE
5	CARRY IN	מאפשר כניסה של ספרה ממונה קודם על מנת לאפשר חיבור מונים
6	Q0	מוצא
7	CARRY OUT	מאפשר יציאה של ספרה למונה הבא על מנת לאפשר חיבור מונים
8	Vss	אדמה
9	R	Reset – איפוס המונה
10	U/D	קובע האם הספירה תהיה בסדר עולה או סדר יורד
11	Q1	מוצא
12	P1	הזנת ספרה בשביל פונקציית הPE
13	P2	הזנת ספרה בשביל פונקציית הPE
14	Q2	מוצא
15	C	Clock – הזנת אות שעון
16	Vdd	הזנה

טבלה 2 – חיבורי רכיב 4516

ישנן כמה אפשרויות:

מנייה כלפי מעלה או כלפי מטה, ע"י רגל ה U/D

מנייה שמתחילה מסיפרה בינארית אחרת, ע"י רגלי ה P0-P3IPE.

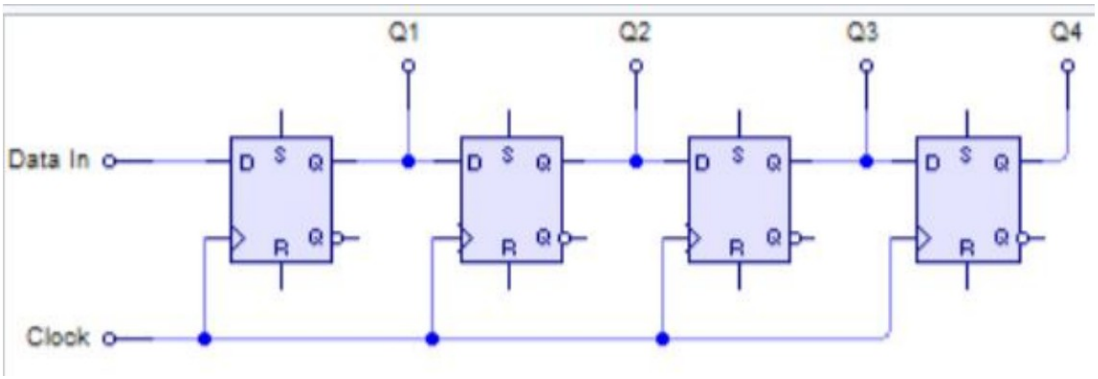
קצב המנייה נקבע על פי תדר אות השעון, ברגל ה Clock.

בסוף כל מנייה רגל הCARRY OUT עוברת מ'1' ל'0', זה יוצר אפשרות של יציאת סיפרה למונה הבא על מנת לאפשר חיבור כמה מונים.

אפשרות של כניסת סיפרה ממונה קודם על מנת לאפשר חיבור כמה מונים, ע"י רגל הCARRY IN.

אוגר הזזה:

אוגר הזזה הוא רכיב הבנוי ממספר דלגלגים מסוג D המחוברים בטור אחד לשני כאשר כל מוצא דלגלג משמש מבוא לדלגלג שאחריו, כל הדלגלגים מחוברים לאותו שעון, כך מתאפשר מעבר של סיבית אחת כל פעם מדלגלג לדלגלג, כל דלגלג משמש כאוגר של סיבית אחת [איור 6].



איור 6 – אוגר הזזה בעל 4 מוצאים

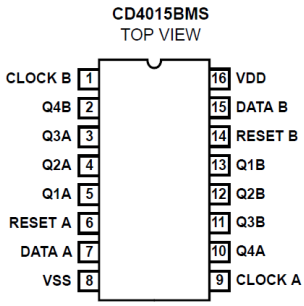
עליית שעון ברכיב גורמת למעבר של ערך הDATA למוצא הראשון, וכל עליית שעון נוספת גורמת להכנסה של ערך הDATA לאוגר הראשון והזזה של כל מוצא למוצא הבא [איור 7].

CL	D	R	Q1	Qn
↗	0	0	0	Qn-1
↗	1	0	1	Qn-1
↘	X	0	Q1	Qn
X	X	1	0	0

X = Don't care Case

איור 7 – טבלת אמת אומר הזזה

רכיב 4015 מורכב מ2 אוגרי הזזה [איור 8].
לכל אוגר הזזה יש כניסת DATA, כניסת שעון, RESET, ו4 מוצאים.

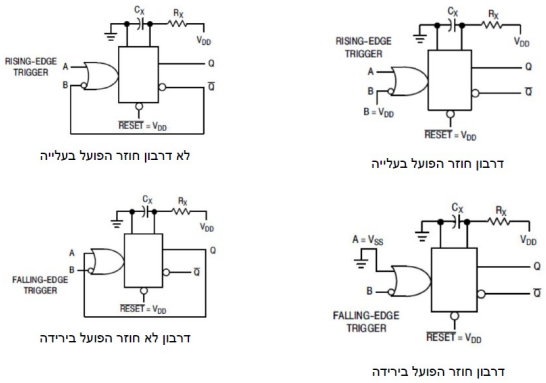


איור 8 – רכיב 4015 וחיבוריו

חד יציב:
רכיב חד יציב בכלליות הינו רכיב שמקבל טריגר בכניסה ומוציא במוצא פולס באורך שנקבע ע"י קבל ונגד.
לדוג' מנגנון המשתמש במעגל חד־יציב הוא מנגנון הדלקת האור בחדר מדרגות, המשתמש לוחץ על כפתור ההפעלה והמערכת עוברת ממצב יציב 0 למצב 1 באופן זמני על פי הגדרות המעגל החד־יציב.

דרבון החד יציב זה כניסת פולס הדרבון להפעלת המעגל החד־יציב או להחלפת המחזור.

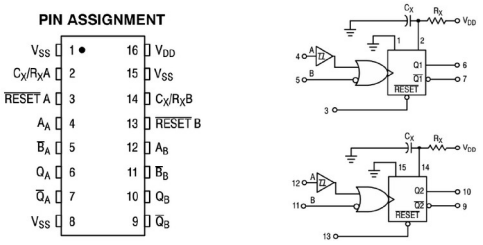
יש לו מגוון אפשרויות [איור 9]:
דרבון חוזר: כאשר מחברים את המעגל בצורה זאת המוצא יכול לקבל פולס נוסף תוך כדי הפולס הקודם, מה שיגרום להארכת הפולס הקיים.
לא דרבון חוזר: כאשר מחברים את המעגל בצורה זאת המוצא אדיש לפולס כניסה נוסף עד אשר לא סיים את הפעולה הנוכחית. לאחר שהמעגל יסיים את הפעולה הנוכחית הוא יוכל להגיב לפולס נוסף.
דרבון בעלייה: מעגל שבו המצב היציב הופך ללא יציב כאשר הכניסה משתנה מ־0 ל־1.
דרבון בירידה: מעגל שבו המצב היציב הופך ללא יציב כאשר הכניסה משתנה מ־1 ל־0.



איור 9 – סוגי חיבור למגוון האפשרויות

רכיב 4538 מכיל שני רכיבי חד יציב [איור 10].

לכל חד יציב יש כניסת A, B, RESET, נגד וקבל, ומוצאי Q ו'Q.



איור 10 – רכיב 4538 וחיבוריו

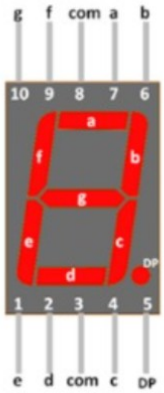
קודן המערכת:
קודן בעל הספרות 0-9 וכן הסימנים * #.

לקודן יש רגל המתחברת לV_DD, ורגל לכל לחצן. בעת לחיצה על הלחצן - מתח הV_DD עובר אל הרגל של הלחצן.

Seven Segment Display:
Seven Segment Display הוא רכיב תצוגה אלקטרוני נפוץ, המשמש להצגת ספרות (0–9). הוא מורכב מ־7 מקטעים (segments) בצורת פסי לד (LED), המסודרים כך שאפשר להאיר אותם בצירופים שונים כדי להציג ספרות.

הרכיב בנוי בתצורת קטודה משותפת: כלומר כל הקתודות של הלדים מחוברות יחד ע"י נגד לאדמה ומדליקים מקטע ע"י מתן "1" לוגי (מתח חיובי) לרגל המתאימה.

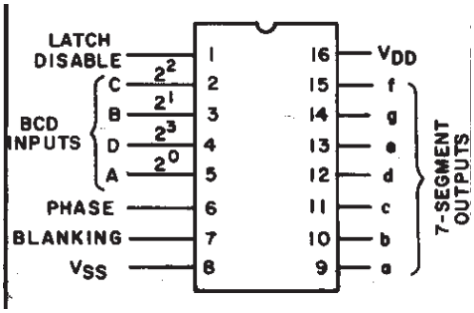
ישנם מספר רגליים A-G לכל מקטע [איור 11].



איור 11 – הרכיב וחיבוריו

מתאם BCD-TO-SEVEN-SEGMENT:
מכיוון שרכיב ה Seven Segment Displayמאיר ספרות רק על פי מתן מתח למקטעים הרלוונטים והמונה הבינארי מוציא ספרה בצורה בינארית – צריך רכיב שיתאם מוצאי המונה לבין כניסות ה7 סיגמנט.

רכיב 4543 הוא מתאם כזה [איור 12]. זה יש 4 כניסות ממוצאי המונה בינארי, ו7 יציאות לכניסות ה7 סיגמנט.
וכן יש לחבר את רגל 1 לV_DD ורגליים 6 ו7 לאדמה.



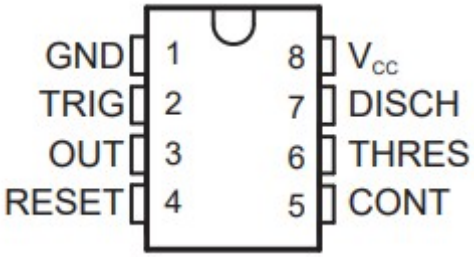
איור 12 - רכיב BCD-TO-SEVEN-SEGMENT וחיבוריו

טיימר 555:
טיימר 555 הוא רכיב משולב נפוץ מאוד שמשמש ליצירת דיליי, תדרים, פעימות או מעגלים מונוסטביליים ואסטביליים.

הוא זול, אמין, קל לשימוש, ונמצא כמעט בכל ערכת אלקטרוניקה בסיסית.

מצבי פעולה עיקריים:
מונוסטבילי (Monostable) – יוצר פולס אחד קצוב בזמן כתגובה לטריגר.
אסטבילי (Astable) – יוצר רצף של פולסים (גל ריבועי) – משמש כאוסצילטור.
ביסטבילי (Bistable) – כמו פליפ-פלופ – שני מצבים יציבים.

הרכיב בנוי מ8 חיבורים [איור 13].



איור 13 – רכיב 555 וחיבוריו

מס' פין	שם הפין	תיאור
1	GND	אדמה
2	Trigger	כניסת טריגר – מפעילה את הטיימר כשהמתח יורד מתחת לשליש Vcc
3	Output	פלט – מוציא את האות שנוצר (גבוה או נמוך).
4	Reset	איפוס
5	Control	שליטה על ספי ההשוואה – לרוב מחובר לקבל של 10 nF לאדמה נגד רעשים.
6	Threshold	בודק אם המתח הגיע לשני שלישVcc , משמש לסיום מחזור בטיימר.
7	Discharge	ריקון – מרוקן את הקבל המחובר במצבי פעולה אסטביליים.
8	Vcc	הזנת מתח

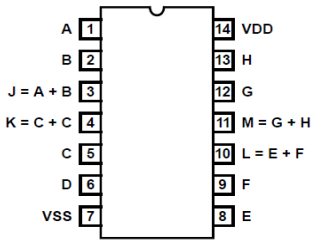
טבלה 3 – חיבורי רכיב 555

שער לוגי OR:
שער לוגי עם שני כניסות ומוצא אחד, האפשרויות מוצגות בטבלת האמת [טבלה 4].

Input		Output
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

טבלה 4 – טבלת אמת שער OR

רכיב 4071 בנוי מארבעה שערי OR [איור 14].



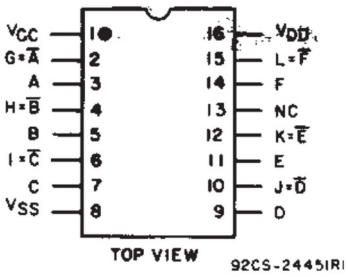
איור 14 – רכיב 4071 וחיבוריו

שער לוגי NOT:
שער לוגי המקבל ערך לוגי '0' או '1', ומחזיר את ההופכי [טבלה 5].

Input A	Output $Z=\overline{A}$
0	1
1	0

טבלה 5 – טבלת אמת שער NOT

רכיב 4009 בנוי משישה שערי NOT [איור 15].



איור 15 – רכיב 4009 וחיבוריו

צפצפה:
רכיב בעל שני חיבורים.
רגל אחת מתחברת לאדמה ורגל שנייה מתחברת למתח בקרה.
כשרגל הבקרה מקבלת מתח וזרם הצפצפה פועלת ומשמיעה צפצוף.

טרנזיסטור MOSFET:
טרנזיסטור MOSFET(Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) הוא טרנזיסטור הפועל בשיטת שליטה בשדה חשמלי, ונמצא בשימוש נרחב מאוד באלקטרוניקה מודרנית - ממעגלים אנלוגיים ועד למעבדים מתקדמים.

מבנה ועקרון פעולה:
ה-MOSFET בנוי מארבעה רכיבים עיקריים: Gate (שער), Source (מקור), Drain (ניקוז) ו-Body (גוף).
על ידי מתח חשמלי שמופעל על ה-Gate (שנמצא מבודד מהתעלה על ידי שכבת תחמוצת), נוצר שדה חשמלי שמושך או דוחה נושאי מטען בתעלה שבין ה-Source ל-Drain, וכך התעלה הופכת להיות באותו סוג מל"מ כמו ה Drainוה Sourceויכול להתבצע מעבר זרם ביניהם.
בצורה זו, ה-MOSFET שולט על מעבר זרם בין Source ל-Drain בלי זרם משמעותי ב-Gate, ולכן הוא חסכוני מאוד באנרגיה.

רכיב MOSFET IRFB7546 הינו טרנזיסטור MOSFET המסוגל להעביר הספקים גבוהים [איור 16].

איור 16 - רכיב IRFB7546 וחיבוריו

נורת LED:
LED (Light Emitting Diode) היא דיודה פולטת אור – כלומר רכיב אלקטרוני שפולט אור כאשר זורם דרכו זרם חשמלי בכיוון קדימה.

עקרון פעולה:
כאשר זרם זורם מהאנודה לקתודה, אלקטרונים וחורים מתאחדים באזור הצומת (junction), והתוצאה היא פליטת פוטון – כלומר אור.

סוג החומר הקומפונד-סמי-קונדקטור קובע את צבע האור.

יתרונות:
יעילות אנרגטית גבוהה – צורך פחות חשמל לעומת נורות רגילות.
אורך חיים ארוך – יכולות לפעול עשרות אלפי שעות.
עמידות – אין חוט להט, ולכן פחות רגישות לזעזועים.
זמן הדלקה מהיר – נדלקת מיידית ללא השהייה.

שימושים:
תאורה כללית (בתים, רחובות, רכב).
תצוגות (מסכים, נורות חיווי).

נגד:
נגד הוא רכיב אלקטרוני שתפקידו להתנגד לזרם החשמלי ולעיתים גם להפחית מתח במעגל.

שימושים נפוצים:
הגבלת זרם לרכיבים רגישים (כמו LED).

חלוקת מתח במעגל (לדוגמה ב-divider).
קביעת קבועי זמן עם קבלים (בפילטרים, טיימרים).

קבל:
קבל הוא רכיב אלקטרוני שמסוגל לאגור ולהפריש מטען חשמלי – כלומר, הוא משמש לאגירת אנרגיה חשמלית בצורה של שדה חשמלי.

עקרון פעולה:
הקבל בנוי משתי לוחות מוליכים מופרדים על ידי חומר מבודד (דיאלקטרי).
כאשר מופעל עליו מתח, נצברים מטענים חיוביים בצד אחד ושליליים בצד השני – אך הזרם דרכו אינו רציף, אלא זורם רק בעת טעינה ופריקה.

שימושים עיקריים:
סינון רעשים במעגלים (כמו ספקי כוח).
אחסון אנרגיה זמני (למשל בפלאש של מצלמה).
קביעת תדרים עם סלילים (במעגלים רזוננטיים או מסננים).
השהייה של תגובות חשמליות (טיימרים).

3. רשימת ציוד

- ספק כוח
- מטריצה
- נגדים
- קבלים
- נורות LED
- קודן
- צפצפה
- טרנזיסטור MOSFET IRFB7546
- דלגלג D (4013)
- מונה בינארי (4516)
- אוגר הזזה (4015)
- חד יציב (4538)
- טיימר 555
- Seven Segment Display
- מתאם BCD-TO-SEVEN-SEGMENT (4543)
- שער לוגי OR (4071)
- שער לוגי NOT (4009)

4. מטרת הפרויקט

מטרת הפרויקט הינה לתת פתרון כמה שיותר פשוט ונגיש למימוש מערכת פתיחת המנעול.
על ידי שימוש במטריצה, ספק כוח DC, ורכיבים אלקטרוניים בלבד, ללא שימוש בתוכנה.

5. דרישות המערכת

1. הכספת תפתח רק כאשר הוקש קוד בעל שלוש ספרות נכונות .
2. הקוד הינו 3 הספרות האחרונות של הת"ז של אחד מבני הזוג .
3. ניתן להניח שהקלט תקין – נלחץ על מספר אחד בלבד בכל לחיצה.
4. <u>מערכת 1:</u> כאשר הוקש קוד נכון :
   - הכספת תפתח ˇ
   - יידלק LED_1 ל5 שניות
5. <u>מערכת 2:</u> המנעול :
   - עובד על 12V 1A
   - הכספת תנעל באמצעות הקשת "*" או "#" במקלדת (גם אם דלת הכספת פתוחה)
   - הכספת תנעל לאחר 5 שניות - אם לא פתחו את דלת הכספת.
   - יש להציג את ה 5 שניות (ספירה לאחור) .
6. <u>מערכת 3:</u> כאשר הוקש קוד שגוי:
   - הכספת לא תפתח

- LED_2 יידלק למשך פולס בודד (שניה)

7. <u>מערכת 4:</u> במידה ונלחץ 3 פעמים קוד שגוי:

- הצפצפה תדלק ל 3 שניות.
- LED_3 תדלק למשך פולס בודד (שנייה) (במקביל ל LED_2)
- יש להציג את מספר הפעמים שנלחץ קוד שגוי

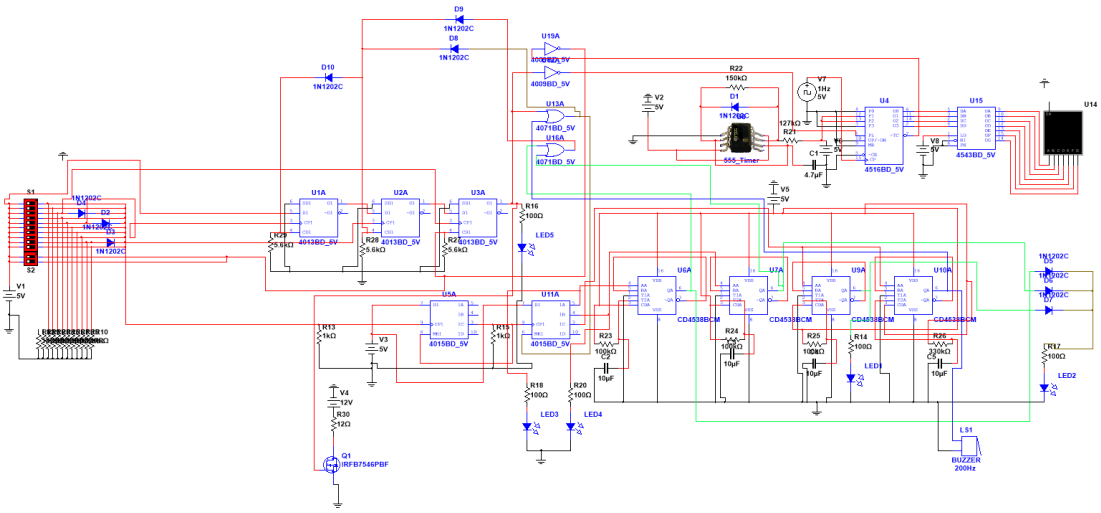
6. סכמה כללית של המערכת

6.1 תכנון המערכת

איור 17 – סכימת בלוקים כללית של המערכת

את המערכת יש לתכנן שתספור את ההקשות ותבדוק האם הקוד נכון או לא, במקרה של קוד נכון יופעלו מערכות הקוד הנכון, במקרה של קוד לא נכון יופעלו מערכות הקוד הלא נכון, כמו כן המערכת תספור את מספר הפעמים שהוקש קוד לא נכון ותפעיל את המערכות של קוד לא נכון שהוקש 3 פעמים.

6.2 מימוש המערכת

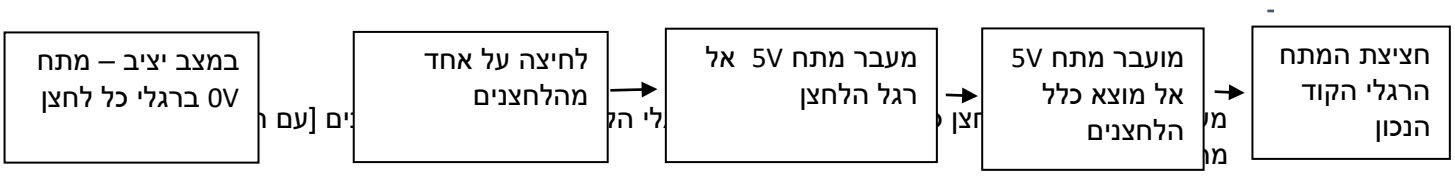


איור *18 – סכימה חשמלית של המערכת*

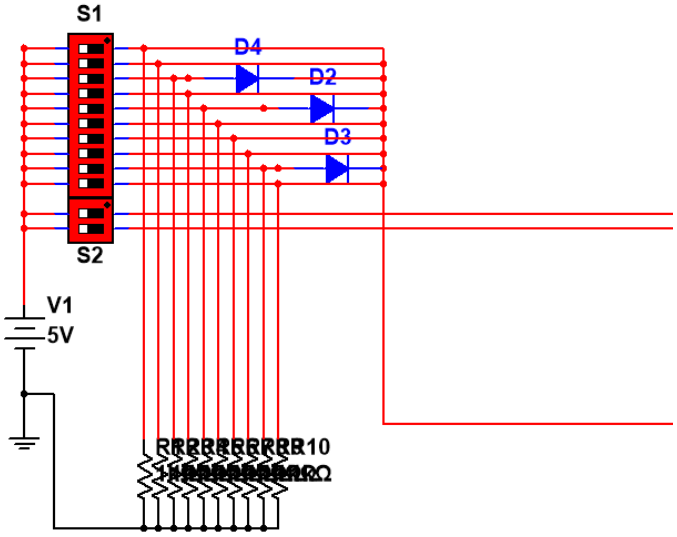
המערכת מוזנת ממתח 5V.
המערכת מומשה ע"י רכיבים דיגיטליים בעלי זיכרון המעבדים את אותות הכניסה מהקודן ומוציאים חיווי ע"י נורות לד, צפצפה, ומסך Seven Segment Display.

7. מערכת 1 – לחצני המערכת

7.1 תכנון המערכת



7.2 מימוש המערכת



איור 19 -לחצני המערכת

המערכת מורכבת מקודן בעל הספרות 0-9 וכן הסימנים * #. (רכיב מספר 1)
לקודן יש רגל המתחברת לV_{DD}, ורגל לכל לחצן. בעת לחיצה על הלחצן - מתח הV_{DD} עובר אל הרגל של הלחצן.
בסימולצית ה*Multisim* לא נמצא רכיב תואם. לכן בסימולציה הוזן רכיב שבו לכל לחצן יש שני רגליים, רגל אחת מחוברת לV_{DD} ורגל שנייה למוצא הלחצן, כך שלחיצה מקצרת בין שני הרגליים של הרכיב. התוצאה זהה.

למוצא של כל לחצן חובר נגד *Pull-Down* לאדמה, על מנת שיהיה מתח 0 כל זמן שלא נלחץ הלחצן.

מוצא לחצני 0-9 חוברו יחד להזנת אות שעון באוגר ההזזה, על מנת למנות כל לחיצה. כמו שיורחב במערכת 3.
במוצא לחצני הקוד הנכון חוברה דיודה בין לבין, על מנת לבצע חציצה בין שאר הלחצנים לבין הקוד לחצני הקוד הנכון.

מוצא לחצני * # חובר יחד על מנת לאפס את מנגנון הקוד הנכון ולנעול את הכספת.

7.2 בדיקות ותוצאות

כאשר נלחץ ספרה כלשהי אז הכל היה "1" לוגי חוץ מלפני הדיודות של הקוד הנכון- ובנוסף לכך כאשר הוקש ספרה של הקוד הנכון-לאחר הדיודות האחרות היה "1 לוגי ולפני הדיודה היה "0"

7.3 בעיות תקלות ופתרונות

7.3.2 תקלה א:

מכיוון שכלל המוצאים מחוברים ביחד, כשנלחץ לחצן כלשהו כל הרגליים הרגישו מתח – וזה פגע בהבדלה שבין הקוד הנכון לקוד שאינו נכון

7.3.2.1 פתרון א :

הושמו דיודות על מנת לחצוץ בין המוצא שתמיד מקבל מתח בכל לחיצה לבין רגלי הלחצנים של הקוד הנכון

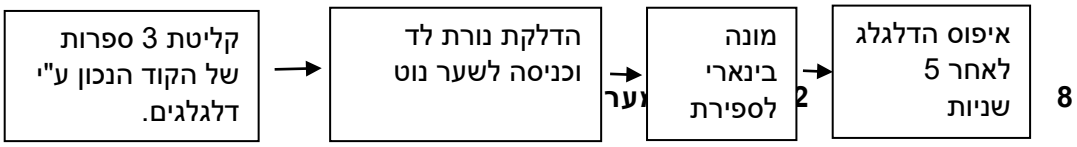
7.4 מסקנות

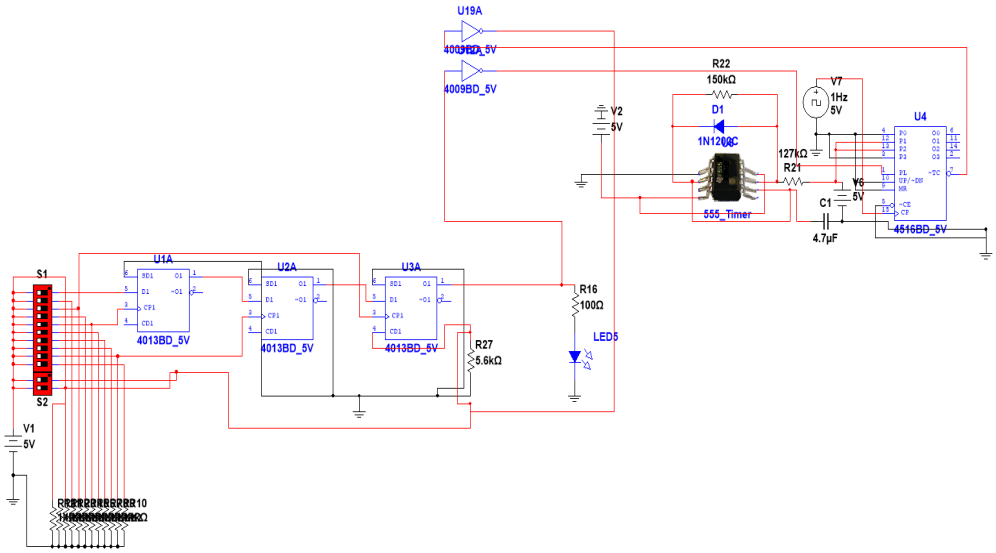
- מערכת הקודן מקבלת מתח הזנה ומעבירה אותו.
- דיודה הינה רכיב אופטימלי על מנת לחצוץ בין שני מתחים כשהדבר אינו רצוי.
- על מנת שיהיה ברור לוגית מה המצב "0" או "1" לוגי ושלא יהיה קפיצות לא רצויות חובה לשים נגד pull down לאדמה

8. מערכת 2 – קוד נכון

8.1 תכנון המערכת

סכמת בלוקים של המערכת





איור 20-מערכת הקוד הנכון

הקוד הנכון הוא 593. לשם כך הוחלט להשתמש ב DFF(רכיב מספר 2)כאשר כל ספרת קוד מקושרת לשעון של דלגלג בהתאמה לפי סדר, כך שכאשר הוקש 3 ספרות נכונות לפי סדר – במוצא הדלגלג השלישי שהוא המוצא של המערכת יש "1" לוגי.
הדלגלג הראשון חובר ברגל הD למתח ההזנה vcc והשעון לספרה 5 - וכאשר נלחצת הספרה 5 אז יש "1" לוגי במוצא שהוא רגל הD של הדלגלג הבא והשעון של הדלגלג הבא זה הספרה 9, וכך שוב בדלגלג הבא כך שבמוצא המערכת יש "1" לוגי רק כאשר יוקש קוד נכון.
כשבמוצא המערכת יש '1' לוגי מופעלים מרכיבי מערכת 3.
בנוסף לכך המוצא מחובר שער לוגי "NOT" (רכיב מספר 3)שפירושו אם יש "1" בכניסה במוצא יש "0" ולהפך, כך שברגע שהקוד נכון -המוצא של שער הNOT מחובר לרגל pe של מונה בניארי (רכיב מספר 4) שמונה בירידה כך שהוא מונה מ6 עד אפס באמצעות הזנת הרגלים של המונה בספרה 6 בבינארי' כאשר המונה מגיע לאפס אז רגל הcarry out מחוברת דרך שער not לרגל הריסט של הדלגלג השלישי כך שההפעלה של מערכת קוד נכון (מערכת 3) היא למשך 5 שניות.
זה התחיל לפעול מספרה 6 ולא ל5 מכיוון שזה יתחיל לרדת מיד בספירה הראשונה ואז הספרה 6 בינארי לא תיספר.

לחצני ה* ו# שבקודן מחוברים ישירו, לרגל הריסט של הדלגלג השלישי, כך שלחיצה עליהם מאפסת את המערכת ומפסיקה את פעולת מערכת הקוד הנכון.

8.3 בדיקות ותוצאות

גם בסימולציה וגם במעבדה רק כאשר הוקש קוד נכון בסדר הנכון במוצא 3 הדלגלגים יש "1" לוגי- (גם כאשר

8.4 בעיות תקלות ופתרונות

8.4.1 תקלה א:

כאשר יוקש חלק מן הקוד הנכון בדר אבל לא בשלמותו נוצר מצב שנשמר חלק מן הקוד במערכת ואז בפעם הבאה יכול להיות מצב כאילו הקוד נכון למרות שהוא לא הוקש בשלמותו

8.4.2.1 פתרון א :

על מנת לפתור בעיה זאת הוחלט שכל 3 לחיצות יאופסו כל רכיבי שומרי הזכרון כך שיתחיל הסדר מחדש- כמו שיפורט במערכת 5

8.4.2 תקלה ב:

כשהמונה התחיל לספור מהספרה הבינארית 5 נוצר מצב שהמערכת פעלה 4 שניות, מכיוון שכשהמונה החל לפעול הוא מיד ירד לספרה שמתחת

8.4.2.1 פתרון ב :

המונה הוזן בערכים כך שהוא יחל לספור מהספרה הבינארית 6, כך מגיעים למצב שהמערכת פועלת למשך 5 שניות.

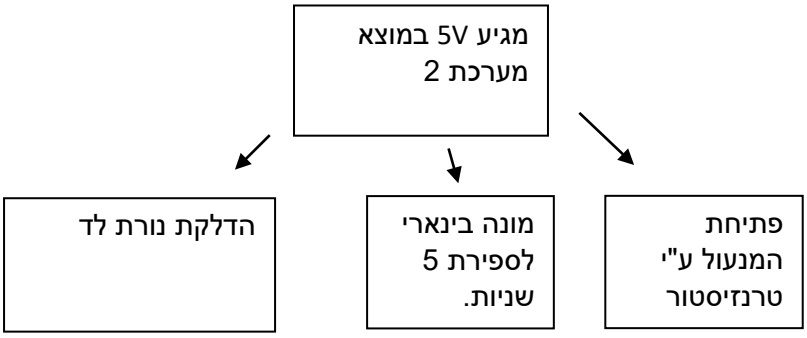
8.5 מסקנות

- רגל PE של המונה מתחילה את פעולת המונה כשהיא מקבלת '0' לוגי, כך אפשר ע"י שער NOT להתחיל את פעולת המונה.
- רגל הcarry out של המונה יורדת ל'0' לוגי כשהמונה מסיים את פעולתו, כך אפשר ע"י שער NOT לאפס את הדלגלגים הרלוונטים.
- לשים לב מה סדר הדלגלגים ואיזה דלגלג אחראי על כל מספר ולשים לב שהשעונים מסודרים ע"פ הסדר הנכון של הקוד הנכון

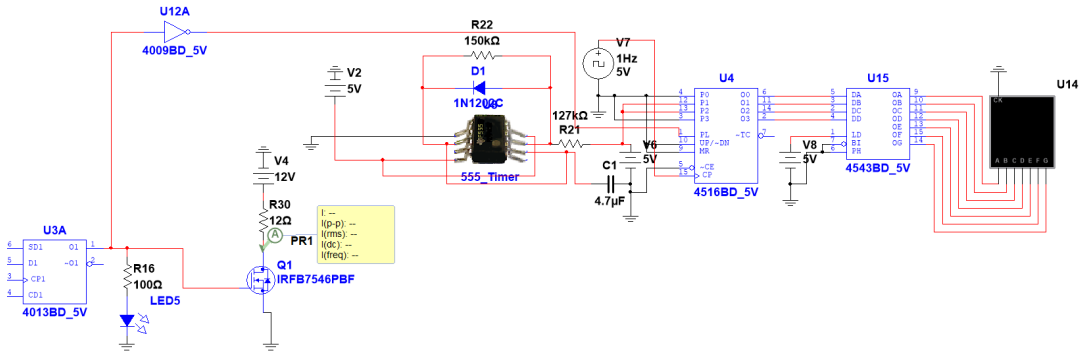
9. מערכת 3 – פעולת קוד נכון

9.1 תכנון המערכת

סכמה בלוקים של המערכת + יש להסבר על המערכת.



9.2 מימוש המערכת



איור 21-פעולת קוד נכון

לאחר שהתקבל האות של קוד נכון במוצא הדלגלג השלישי כמה מערכות נכנסות לפעולה:

1. נורת לד המחוברת למוצא הדלגלג נדלקת.

2. המנעול נפתח.

האות של הקוד הנכון פותח טרנזיסטור MOSFET מסוג IRFB7546(רכיב 5), מערכת המנעול מחוברת בין מקור 12V לבין רגל הDRAIN של הטרנזיסטור וכך המנעול נפתח בפתיחת הטרנזיסטור.
בסימולציה המנעול הודגם ע"י נגד $12\,\Omega$ שבעת הפעלת קוד נכון הוא מראה זרם של $1\,A$.

3. מוצג על מסך ספירה של 5 שניות בספירה לאחור.

האות של הקוד נכון מחובר לשער NOT ומשם לרגל הPE של המונה בינארי, ולכן בקוד נכון ה'1' הופך ל'0' וכשהPE מקבל '0' המונה נכנס לפעולה.
המונה מחובר בתצורת מנייה בירידה שמתחילה מהספרה הבינארית 6, כך שברגע ההפעלה המונה יורד מיד לספרה הבינארית 5 ומשם מונה עד הספרה הבינארית 0.
המונה מופעל על ידי אות שעון בתדר של $1\,Hz$.

המערכת מוזנת ממתח *DC* ולכן כדי להגיע לאות שעון יש צורך במתנד.
המתנד במערכת מבוסס על רכיב 555.(רכיב מספר 6)
על מנת להגיע לתדר של בערך $1\,Hz$ עם בערך 50% *Duty-Cycle* נעשה שימוש בקבל בעל ערך $4.7\,\mu F$ ונגדים בעלי ערך $127\,k\,\Omega$ ו$150\,k\,\Omega$ ודיודה.
רכיב ה555 נעשה בסימולציה עם החיבורים וערכי הרכיבים כמו במעגל עצמו, אך אות השעון לא עבד בסימולציה [אחת הסיבות היא שהרכיב מורכב ממגבר משווה וצריך שיהיה רעש קטן על מנת שיהיה הבדל בין כניסות המגבר]. לכן על מנת שהסימולציה תפעל הוזן אות שעון רגיל של $1\,Hz$.
כמובן שבמעגל עצמו רכיב ה555 עבד כמצופה.

מוצאי המונה בינארי הוזנו לרכיב המתאם 4543 (רכיב מספר 7).

מוצאי הרכיב המתאם 4543 הוזנו לכניסות ה7-*Sigment*(רכיב מספר 8). וה7-*Sigment* הציג על המסך את הספרות שבמוצא המונה בינארי.

9.3 בדיקות ותוצאות

השעון עבד בתדר הנכון וכך יצר ירידה נכונה של שניות בתצוגה כך שניתן לראות את מספר השניות עד לנעילת המנעול- ולאחר כ5 שניות אז המנעול ננעל- בנוסף תוך כדי שהמנעול פתוח אפשר לנעול אותו ע"י הקשה של * או # ולעצור את ספירת השניות

9.4 בעיות תקלות ופתרונות

9.4.1.1 בעיה :

בחלק זה תהליך בנית המעגל החשמלי היה בשתי חלקים שונים כאשר חלק ראשון היה החלק בו בונים אם הקוד נכון וחלק שני היה החלק בו המנעול נפתח לאחר שהקוד היה נכון (החלק של הטרנזיסטור).
אך כאשר כל מערכת עבדה בנפרד וחוברה למערכת אחת המערכת עבדה חלקית – כלומר הצליחה להוציא קוד נכון אך ה7-Sigment ונורת הלד לא עבדו.

9.3.1.2 פתרון ב: לאחר בחינה מחדש הובן כי הבעיה כנראה בזה שהטרנזיטור לוקח אליו את כל ההספק ומשום כך לא עובד החלק השני של המערכת (שינעל את המנעול לאחר 5 שניות אם לא פתחו).
הפתרון הקצר והיעיל היה ליצור חציצה בין שני המעגלים ע"י שער לוגי שפשוט יצור את החציצה (במעגל החשמלי היה 2 שערי נוט פנויים כך שפשוט חוברו שני שערים שבעצם לא עושים לכאורה כלום (נכנס אחד לוגי ויוצא אחד לוגי) וכך נוצרה החציצה והמערכת עבדה.

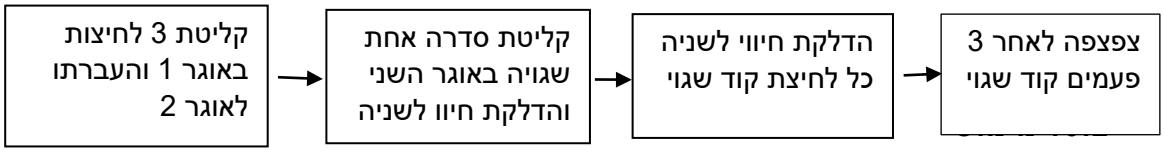
9.5 מסקנות

- רכיב 555 הינו רכיב אידאלי לממש רב רטט – קבלת מתח DC ומתן אות שעון.
- במערכות הצורכות הספקים יחסית גבוהים כדאי לבצע חציצה ע"י שער לוגי.

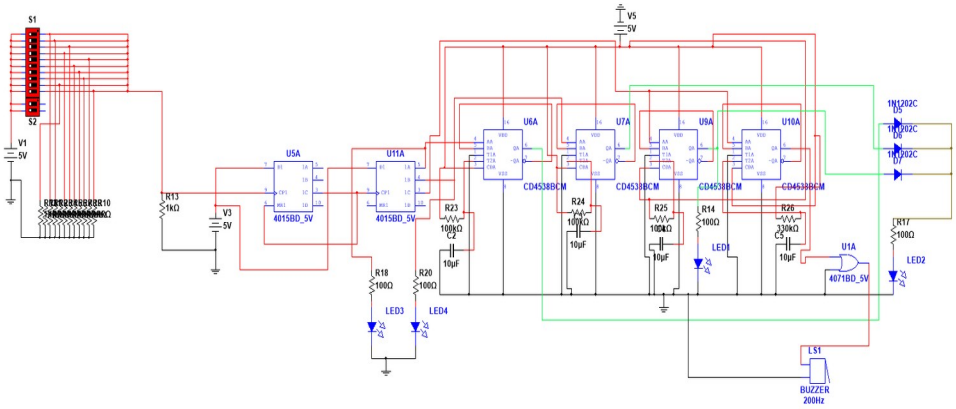
10. מערכת 4 – קוד שגוי ולחיצה 3 פעמים קוד שגוי

10.1 תכנון המערכת

סכמה בלוקים של המערכת



10.2 המערכת



איור 22- קוד לא נכון

מערכת זאת היא מערכת שבנויה על שני רכיבי אוגר הזזה (רכיב מספר 9) וארבעה רכיבי חד יציב (רכיב מספר 10).

כל לחיצה על לחצן כלשהו בקודן מעלה את השעון באוגר הזזה הראשון, וכך לאחר שלוש לחיצות יש '1' במוצא השלישי של האוגר הראשון.
המוצא השלישי של האוגר הזזה הראשון מעלה את השעון באוגר הזזה השני ומיד מאפס את האוגר הזזה הראשון.
וכך לאחר 3 לחיצות יש '1' במוצא הראשון של האוגר הזזה השני.

כך שאפשר לעשות שיהיה ספירה של 3 לחיצות- לאחר שיש 3 לחיצות המוצא השלישי מחובר לשעון של אוגר הזזה שני ובנוסף לריסט של עצמו כך שיוכל לספור מחדש.
ברכיב אוגר הזזה השני ניתן לראות כי כל מוצא מחובר לרכיב חד יציב שיצור פולס באורך הרצוי.
לאחר 3 פעמים שיוקש קוד שגוי אז יבוצע ריסט גם לאוגר הזזה השני.
בנוסף ניתן לראות כי ב2 המוצאים הראשונים יש נורת לד אשר תראה באופן רציף את כמות הפעמים של קוד שגוי (בפעם הראשונה נורה אחת, ובפעם השניה תיהיה דלוקה עוד נורה אשר תראה כי נלחץ פעמיים קוד שגוי)

על מנת שיהיה ניתן לראות כי הוקש קוד שגוי כל מוצא ברכיב השני של האוגר הזזה חובר לכניסה של רכיב החד יציב.
במערכת זו הדרישה היא לנורה שתדלוק כ1 שניה על כל קוד שגוי ובנוסף לאחר 3 לחיצות של קוד שגוי תידלק צפצפה (רכיב מספר 11) ל3 שניות בנוסף לנורת הלד השניה שמראה כי הוקש קוד שגוי.

במערכת זו רכיב החד יציב הורכב בתצורת לא דרבון חוזר הפועל בעליה – מכיוון שהרכיב מחובר לכול מוצא ויש שינוי במוצא כל עליית שעון, כלומר השינוי הרצוי הוא רק כאשר יש מעבר מ"0" ל "1".
בנוסף הרכיב הורכב בתצורת לא חוזר - שאם יש קפיצות לא רצויות במערכת אז לא יהיה תוספת זמן בה נורת הלד תידלק, אלא בכל מקרה היא תידלק רק לשניה אחת.

על מנת ליצור פולס של שניה אחת הערכים הם:
על מנת ליצור פולס למשך 3 שניות הערכים הם:

(במעגל החשמלי בכל ציפ' של חד יציב ישנם 2 רכיבים כך שבמעגל הפיזי ישנתם שתי רכיבי חד יציב

10.3 בדיקות ותוצאות
כאשר הוקש 3 ספרות של קוד לא נכון אז נדלק לד לשניה ועוד נורה שמראה כי הוקש פעם אחת קוד שגוי- כך גם בפעם השניה- בפעם השלישית נדלק נורת לד לשניה וכובו שתי הנורות האחרות שמראות כי הוקש פעמיים קוד שגוי ובנוסף נדלקה צפצפה ל3 שניות

10.4 בעיות תקלות ופתרונות

10.4.2 תקלה א:
במערכת זאת היה בעיה רצינית שכמעט וגרמה לשינוי כל המערכת וזה שהאוגר הזזה פשוט לא עבד למרות שחובר ע"פ הוראות היצרן בדפי הנתונים- כך שעליית שעון לא עשה מעבר במוצאים באופן סדיר אלא לפעמים הוציא אחד לוגי בכל היציאות לפעמים ב2 יציאות כך שלא היה אפשר להשתמש ברכיב זה.

10.4.2.1 פתרון א :
הדבר אשר פתר בעיה זאת היה לשים בכניסת של שעון מעגל RC שיסנן רעשים **(קבל של ונגד של)**

10.4.3 תקלה ב:
כאשר יש 3 טעיות צריך שידלק צפצפה למשך 3 שניות לשם כך בוצע שימוש ברכיב חד יציב- אך למרות שהרכיב הוציא פולס לאורך 3 שניות הצפצפה לא דלקה.

10.4.3.1 פתרון ב :
תהליך הפתרון היה ההבנה שהצפצפה לא נדלקת בכיוון שאומנם היא מקבלת מתח אך אינה מקבלת זרם ממוצא הרכיב- לשם כך בוצע שימוש בשער לוגי OR ששער זה כן מצליח להפעיל צפצפה (במעגל הורכב כבר שער OR כך שלא בוצא ביזבוז רכיבים לשם כך אלא היה שער פנוי –(כניסה אחת של השער חוברה לאדמה כניסה שניה חוברה למוצא החד יציב- ומוצא השער חובר לצפצפה כך שכול עוד יש "1" לוגי בשער הצפצפה תעבוד (במקרה זה 3 שניות)_

10.4.4 תקלה ג:
צריך שכל פעם שהוקש קוד לא נכון תדלק נורת הלד לשניה- שמראה כי הוקש קוד לא נכון- אך כאשר חוברו כול המוצאים של החד יציב לנורת הלד המערכת לא עבדה.

10.4.4.1 פתרון ג :
הפתרון לכך שכל החד יציבים יעבדו בצורה טובה היא לשים דיודות שיצרו חציצה בין כול החד יציבים לבין נורת הלד- כך שלא ייווצר מצב של שגיאה לוגית שתגרום לכך שהמערכת לא תעבוד.

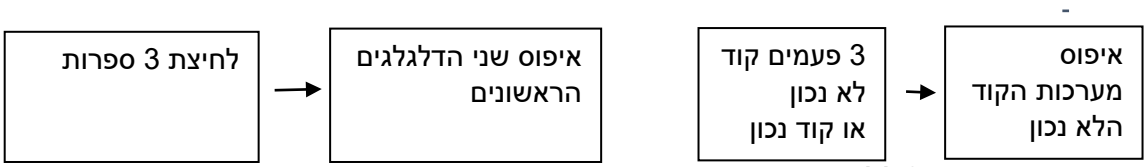
10.5 מסקנות

- אוגר הזזה הינו רכיב אידאלי על מנת לספור פולסים של מתח, בכך שהפולסים יחוברו לשעון הרכיב
- נדרש להשתמש במעגל RC על מנת שרכיב האוגר הזזה יעבוד כשורה.

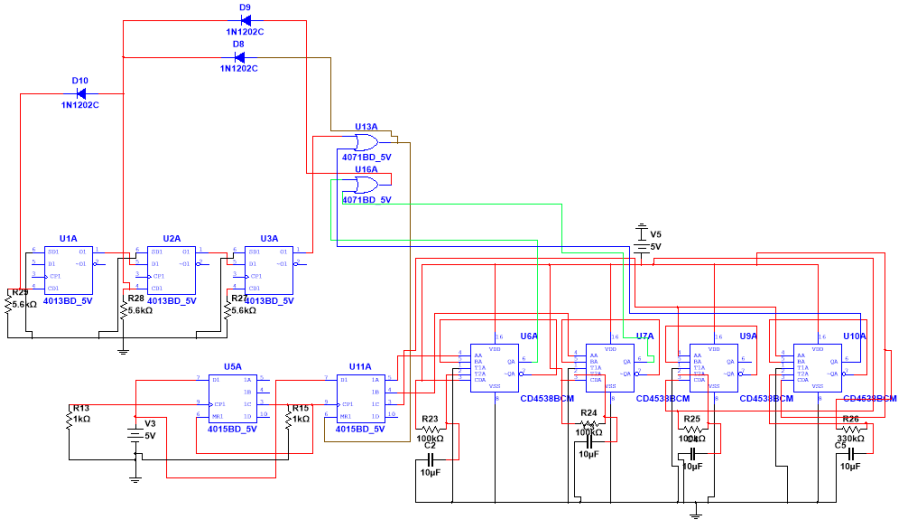
- הצפצפה הינה רכיב הצורך הספק ולכן לעיתים הוא צריך לצרוך את ההספק דרך רכיב ביניים.

11. מערכת 5 – איפוסי המערכות

11.1 תכנון המערכת



11.2 מימוש המערכת



איור 23- איפוסים במערכת

מפני שבמערכת יש רכיבים שומרי זכרון יש צורך לאפס אותם בכל מיני מצבים ובנוסך מערכת מסויימת יכולה לאפס מערכת אחרת (כלומר האיפוסים גורמים לסינכרון בין מערכות כמו שיפורט) רכיבי הזכרון במערכת אותם צריך לאפס הם הדלגלגים ואגרי ההזזה כאשר ישנם 2 איפוסים.

<u>איפוס1:</u> מפני שרצפי הקוד מורכבים מ3 ספרות יש צורך שכול 3 ספרות יספרו בפני עצמם במערכת הקוד הנכון (ולא שלדוג' אם יוקש 2 ספרות נכונות ואז קוד לא נכון ידלק קוד נכון ולאחר מכן אם יוקש הספרה של הקוד הנכון ידלק כאילו הוקש קוד נכון) רכן צריך שכל 3 לחיצות יאופסו 2 הדלגלגים הראשונים שמערכת הקוד הנכון – לשם כך חוברו המוצאים של החד יציב של מערכת הקוד הלא נכון דרך שערי OR (רכיב מספר 12) עם המוצאים של החד יציב האחרים (כלומר כל 3 לחיצות שגויו יאופס 2 הדלגלגים הראשונים- בנוסך לשער OR זה חובר גם המוצא של הקוד הנכון (כך שלא יקרה מצב שאם יהיה קוד נכון ושוב ילחצו את הספרה אחרונה ידלק כאילו הוקש קוד נכון (ניתן לראות זאת בפרק הבא של המערכת בשלמותה)

<u>איפוס 2:</u> כאשר יוקש קוד לא נכון ואז קוד נכון צריך משהו יאפס את הנורות שמראות את כמות השגיאות, ובנוסף כאשר יוקש 3 פעמים קוד לא נכון אז צריך שלאחר מכן יתאפשר לחזור על כל הפעילות, לשם כך חוברו לשער OR מוצא הקוד הנכון' והמוצא האחרון של קוד לא נכון לאיפוס של האוגר הזזה השני(מה שמראה את השגיאות- ולא מה שסופר את הלחיצות) (ניתן לראות זאת בפרק הבא במערכת בשלמותה)
חלק חשוב נוסף במערכת זאת היא כאשר יוקש קוד נכון אז באותו זמן במערכת הקוד הלא נכון

ניראה כאילו אכן הוקש קוד לא נכון ולדם כך כאשר במוצא הקוד הנכון יש "1" לוגי אז מערכת הקוד הלא נכון לא מספיקה להפעיל את עצמה והיא כבר באיפוס כול עוד מערכת הקוד הנכון פועלת

ניתן לראות כי עיקר כל מערכת פועלת בנפרד מהמערכות האחרות אך חייב שיהיה סינכרון בין מערכות על מנת שיהיה עבודה תקינה ואמינה- ולשם כך יש את החלק של האיפוסים שגורמים שכל מערכת תעבוד בזמן שלה בתוך המערכת הכללית.

11.3 בדיקות ותוצאות

את תקינות המערכת ניתן היה לראות כאשר יוקשו מספר פעמים כול מיני צירופי בספרים ובנוסף נבדק עם הרב מודד כי אכן אין מתח במקומות אשר יש שמירת זיכרון במצב בו המערכת צריכה להתאפס

11.4 מסקנות

- ניתן לראות כי בעיקרון כל מערכת פועלת בנפרד מהמערכות האחרות אך חייב שיהיה סינכרון בין מערכות על מנת שתהיה עבודה תקינה ואמינה, לשם כך יש את החלק של האיפוסים שגורמים שכל מערכת תעבוד בזמן שלה בתוך המערכת הכללית.

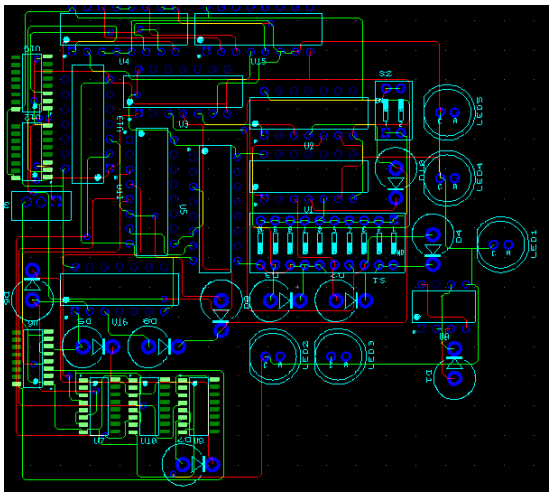
12. סיכום כללי

כל מערכת עם העקרונות שלה עבדה בצורה טובה- לאחר שכל מערכת עבדה בצורה טובה אפשר לחבר את כל המערכות ביחד עם הסנכרון שיש בין כל המערכות (כמו שפורט במערכת 5) כך שהכספת החשמלית עבדה בצורה טובה ונתנה מענה לצורך הקיים של כספת חשמלית אמינה.

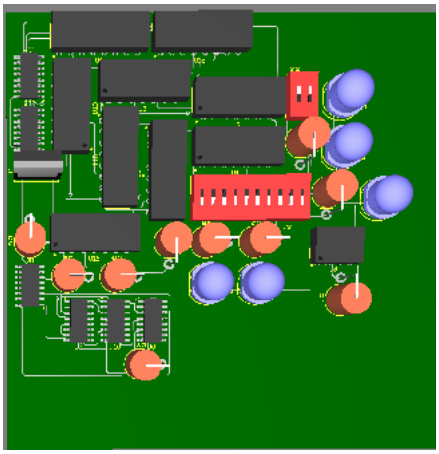
13. תובנות לשיפור

המערכת נעשתה בצורה כמה שיותר יעילה על בסיס הרכיבים הקיימים.
בנוסף תובנה חשובה זה לבדוק כל מערכת בנפרד למערכת הכללית ולבדוק אם עובדת או לא ומה אפשר לשפר ורק אז להרכיב במטריצה בצורה מסודרת וטובה- כך אפשר לדעת באיזה מקום יש בעיה אם יש והמערכת מסודרת בצורה אידיאלית על גבי המטריצה.

14. PCB



איור 24– pcb



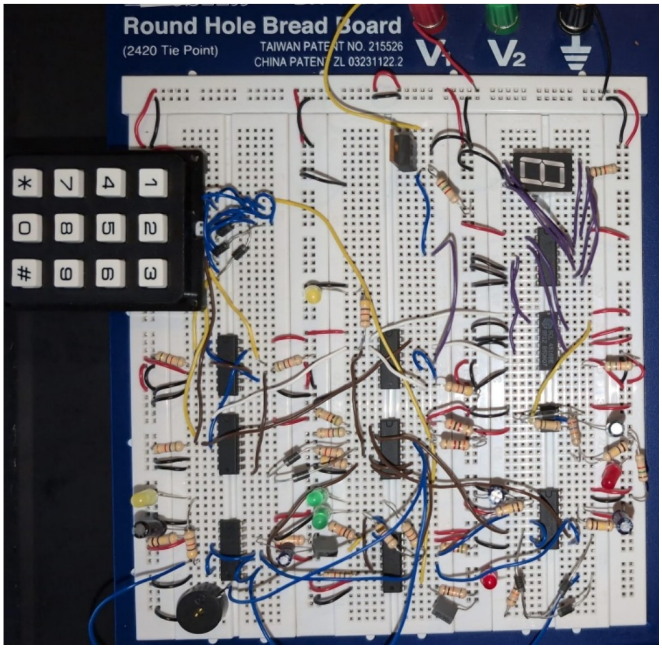
איור 25-pcb תלת מימד

PCB (Printed Circuit Board, לוח מודפס) הוא לוח קשיח שעליו מודפסים ומולחמים הרכיבים האלקטרוניים של המעגל. ה־PCB משמש כבסיס שעליו נבנה המעגל החשמלי בפועל.
במקום לחבר חוטים בין כל רכיב – דבר שיכול להיות לא אמין ולא אסתטי – ה־PCB מאפשר חיבור מדויק, מסודר ואמין בין הרכיבים, באמצעות שכבות נחושת מודפסות על גבי הלוח.

חיסכון במקום – מאפשר לבנות מעגלים קומפקטיים.
אמינות – חיבורים מדויקים וקבועים, פחות תקלות.
קלות ייצור – ברגע שהתכנון מוכן, אפשר לייצר בקלות כמות גדולה של לוחות.
מראה מקצועי – נראה מסודר ונקי, בניגוד לחיבורי breadboard או חוטים נספחים

15. נספחים

התוצר הסופי:



איור 26 -תוצר סופי

16. רשימות

16.1 רשימת איורים

איור 1 – דלגלג D סכמה חשמלית.....7
איור 2 – דלגלג (4013) D.....8
איור3 - סכמת מונה בינארי 8
איור 4- שרטוט מתחי מוצא 9
איור 5 רכיב מונה בינארי.....9
איור 6 – אוגר הזזה בעל 4 מוצאים.....9
איור 7-טבלת אמת אוגר הזזה 10
איור8 - רכיב אוגר הזזה וחיבוריו.....10
איור 9- סוגי חיבור בחד יציב.....10
איור 10- רכיב חד יציב.....10
איור 11- 7 segment ..... איור 10
12- רכיב 10..... bcd to 7 sedment איור
13- רכיב טיימר 555.....11
איור 14- רכיב שער 12.....or
איור 14- רכיב שער 12.....NOT איור
16- רכיב 13..... mosfet איור 17 –
סכימת בלוקים כוללת של המערכת .....16 איור 18-
סכימה חשמלית של המערכת.....16 איור
19- לחצני המערכת.....17
איור 20- מערכת קוד נכון.....18
איור 21- פעולת קוד נכון.....20
איור 22 – קוד לא נכון.....22
איור 23- איפוסים במערכת.....28
איור 24-29.....PCB איור
25-PCB תלת מימד.....29
איור 28-תקצר סופי

16.2 רשימת טבלאות

טבלה **1 –** טבלת אמת של דלגלג (4013) D.....7
טבלה 2- רגלי רכיב מונה בינארי 8
טבלה 3- רגלי חיבורי טיימר 555.....13
טבלה 4- טבלת אמת שער 12.....OR
טבלה 5 טבלת אמת שער 12.....NOT

13.4 מקורות

[1]

.T/Balsara, U. K. (2000). Transactions Briefs. *IEEE*